

Germinación de *Trichloris crinita* y *Digitaria eriantha* en condiciones de estrés abiótico

Germination of *Trichloris crinita* and *Digitaria eriantha* under abiotic stress conditions

G. Di Giambattista, M. Garbero, M. Ruiz, A. Giulietti y H. Pedranzani

Laboratorio de Fisiología Vegetal-Departamento de Ciencias Agropecuarias

FICES-Universidad Nacional de San Luis

Avda. 25 de Mayo 384 (5730) Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

E-mail: hepedra@fices.unsl.edu.ar, hepedra@yahoo.com.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de diferentes temperaturas y potenciales osmóticos (PO) en la germinación de las semillas de *Digitaria eriantha* Steudel subsp. *eriantha* cv. Sudafricana y *Trichloris crinita*. Las semillas se colocaron a germinar en cápsulas de Petri a temperaturas de 17°, 25°, 30° y 35°C y en soluciones de PEG6000, para simular potenciales osmóticos: 0 (Control, agua destilada); -0,5; -1 y -1,5 MPa. Se registró el porcentaje de germinación (PG). Ambas especies mostraron los mayores PG en el rango de 25° y 30°C; a 17°C el PG fue significativamente menor después de 14 días. En *T. crinita* el PG disminuyó significativamente con potenciales de -1 y -1,5 Mpa en todas las temperaturas; además, con -1,5 Mpa a 17° y 35°C las semillas no germinaron. El PG de las semillas de *D. eriantha* disminuyó con potenciales de -0,5 y -1,5 Mpa a 17° y 35°C, y a 25°C también disminuyó pero con potenciales de -1 Mpa y -1,5 Mpa. Se concluye que 25-30°C fue el óptimo para la germinación de *T. crinita* y *D. eriantha*, lo que pudo estar relacionado con las condiciones ambientales características de la región donde crecen. *T. crinita* toleró hasta -0,5 Mpa de potencial, mientras que *D. eriantha* hasta -1 Mpa.

Palabras clave: Estrés, germinación, temperatura

Abstract

The objective of this work was to determine the effect of different temperatures and osmotic potentials (OP) on the germination of seeds from *Digitaria eriantha* Steudel subsp. *eriantha* cv. Sudafricana and *Trichloris crinita*. The seeds were put to germinate on Petri dishes at temperatures of 17°, 25°, 30° and 35°C and in solutions of PEG6000, in order to simulate osmotic potentials: 0 (control, distilled water); -0,5; -1 and -1,5 MPa. The germination percentage (GP) was recorded. Both species showed the highest GP in the range 25 and 30°C; at 17°C the GP was significantly lower after 14 days. In *T. crinita* the GP significantly decreased with potentials of -1 and -1,5 Mpa in all the temperatures; besides, with -1,5 Mpa at 17° and 35°C the seeds did not germinate. The GP of the *D. eriantha* seeds decreased with potentials of -0,5 and -1,5 Mpa at 17° and 35°C, and it also decreased at 25°C but with potentials of -1 Mpa and -1,5 Mpa. It is concluded that 25-30°C was optimum for the germination of *T. crinita* and *D. eriantha*, which could have been related to the environmental conditions characteristics of the region where they grow. *T. crinita* tolerated up to -0,5 Mpa of potential, while *D. eriantha* tolerated -1 Mpa.

Key words: Germination, stress, temperature

Introducción

Origen, distribución y sinonimia

La germinación de las semillas es un estado crítico para el establecimiento de las plántulas y determina posteriormente la producción de los cultivos (Almansouri *et al.*, 2001), los cuales dependen de una interacción entre el sustrato de siembra y la calidad de la semilla (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003). Entre los

factores adversos que afectan la germinación se pueden incluir la sensibilidad al estrés por sequía (Wilson *et al.*, 1985) y la tolerancia a la sal (Sadeghian y Yavari, 2004).

Cornaglia *et al.* (2005) evaluaron los efectos del estrés hídrico en la germinación y el crecimiento de las plántulas en el pasto miel (*Paspalum dilatatum*), usando soluciones acuosas de Polietilenglicol (PEG 8000: 0, -0,25, -0,5, -0,75 y -1 Mpa). La velocidad de germinación fue más sensible al aumento del estrés hídrico que la germinación total, aunque ambas disminuyeron, y hubo una sensibilidad elevada al estrés hídrico durante la germinación y la emergencia temprana.

Demir y Mavi (2008), al estudiar la germinación y el crecimiento frente a la sal (NaCl) y al efecto osmótico (con PEG, para potenciales de agua de -0,3, -0,6 y -0,9 Mpa) en semillas de *Capsicum annuum* L. cv. Sera Demre, cosechadas a los 50, 60 y 70 días después de la antesis, encontraron que la concentración de sal y el potencial osmótico más altos produjeron una disminución en la germinación y en el peso fresco de las plantas. Las semillas germinaron en todas las concentraciones de NaCl, pero a -0,9 Mpa de PEG no germinó ninguna semilla.

También Foolad y Lin (1997), en semillas de tomate en diferentes medios con idénticos potenciales osmóticos, hallaron que la velocidad de germinación fue afectada principalmente por el efecto osmótico con relación al contenido iónico del medio; los autores concluyeron que el estrés impuesto resultó en una mayor ganancia de biomasa, la cual puede ser atribuida a una mayor división celular y al contenido de azúcares (Gill *et al.*, 2003).

Murillo *et al.* (2002) señalaron que el estrés salino tuvo un menor efecto en la germinación de las semillas de *Vigna unguiculata* L. Walp que el estrés hídrico simulado con PEG a los mismos potenciales osmóticos. Demir *et al.* (2003), en semillas de aubergine o brinjal (*Solanum melongena*), también encontraron que las semillas inmaduras fueron más sensibles al estrés osmótico extremo que al estrés salino.

Digitaria eriantha Steudel subsp. *eriantha* es una especie introducida en 1991 en la Argentina, es perenne y de buena calidad forrajera. Rimieri *et al.* (1997) desarrollaron, a partir del cv. Sudafricana, el cv. Irene, el cual presentó una mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida argentina.

Trichloris crinita es una especie nativa de la región semiárida argentina, de mediana a alta palatabilidad, perenne y es considerada un recurso forrajero del pastizal natural, tolerante a la sequía y a bajos niveles de salinidad (Cavagnaro *et al.*, 2005). Como toda especie del semiárido, el riego incrementa el número y la tasa de germinación de las semillas (Ordóñez *et al.*, 2003).

Este trabajo tuvo como objetivo investigar la tolerancia a diferentes temperaturas y combinaciones de temperatura y estrés osmótico en dos especies, una oriunda de Sudáfrica y otra de Argentina, ambas adaptadas a ambientes en los que predominan climas con altas temperaturas y suelos con bajos contenidos de humedad.

Materiales y Métodos

Se utilizaron semillas de las especies *D. eriantha* cv. Sudafricana y *T. crinita* cosechadas en el campo.

Tratamientos y diseño

Se aplicaron los siguientes tratamientos: A- 17, 25, 30 y 35°C en agua destilada estéril; B- 17, 25 y 35°C en solución de polietilenglicol (PEG 6000) con potenciales osmóticos de -0,5; -1 y -1,5 Mpa y agua estéril como testigo (tabla 1). Se colocaron 100 semillas en cinco cápsulas de Petri (20 semillas por cápsula) en un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones.

Procedimiento

Previamente al inicio del estudio las semillas se seleccionaron, de acuerdo con la uniformidad de tamaño y las características externas, y se descartaron aquellas con alteraciones y malformaciones. Las semillas fueron esterilizadas superficialmente por inmersión en alcohol al 70% y con hipoclorito de sodio al 20% durante 5 y 30 min, respectivamente, y fueron enjuagadas con agua destilada estéril. Después se prepararon cápsulas de

Petri de 10 cm de diámetro con papel de filtro (ambos previamente esterilizados) embebido con 5 mL de agua destilada estéril.

Tabla 1. Protocolo de preparación de soluciones de PEG 6000 para distintas temperaturas y potenciales osmóticos.

Table 1. Protocol of preparation of PEG 6000 solutions for different temperatures and osmotic potentials.

Presión osmótica	[PEG 6000] (g/L)	Volumen de agua final (mL)	Peso PEG 6000 (g)
Temperatura 17°C			
0 Mpa	0	260	0
-0,5 Mpa	187,317	260	48,70
-1,0 Mpa	277,449	260	72,14
-1,5 Mpa	346,868	260	90,18
Temperatura 25°C			
0 Mpa	0	260	0
-0,5 Mpa	202,130	260	52,15
-1,0 Mpa	295,713	260	76,88
-1,5 Mpa	367,667	260	95,59
Temperatura 35°C			
0 Mpa	0	260	0
-0,5 Mpa	224,065	260	58,26
-1,0 Mpa	322,327	260	83,81
-1,5 Mpa	397,764	260	103,42

La germinación se hizo en cámara de cultivo en oscuridad y se agregó semanalmente 5 mL de agua destilada estéril en los tratamientos A y B, y 5 mL de solución de PEG en B. Las semillas se consideraron germinadas cuando emergió la radícula.

Mediciones

Se midió el porcentaje de germinación (PG) a los 3, 7 y 14 días para el tratamiento A y a los 14 días para el B.

Análisis estadísticos

Los datos de germinación se analizaron usando ANOVA y las medias se compararon con LSD (Least significant difference) para $P \leq 0,05$.

Resultados

Germinación a diferentes temperaturas

En la tabla 2 se observan los porcentajes de germinación de *D. eriantha* y *T. crinita* a 17, 25, 30 y 35°C de temperatura a los tres, siete y 14 días posteriores a la siembra.

Tabla 2. Germinación en semillas de *Digitaria eriantha* subsp. *eriantha* cv Sudafricana y *Trichloris crinita* (%).

Table 2. Germination in seeds from *Digitaria eriantha* subsp. *eriantha* cv. Sudafricana and *Trichloris crinita* (%).

Especie	Día	Temperatura			
		17°C	25°C	30°C	35°C
<i>Digitaria eriantha</i>	3	3 ± 2,7 ^a	27 ± 5,7 ^b	27 ± 10,2 ^b	16 ± 4,2 ^b
	7	10 ± 5,0 ^a	28 ± 10,4 ^b	28 ± 7,6 ^b	20 ± 6,1 ^{ab}
	14	16 ± 4,2 ^a	29 ± 11,4 ^b	30 ± 5,0 ^b	20 ± 6,1 ^{ab}
<i>Trichloris crinita</i>	3	52 ± 10,4 ^a	91 ± 8,2 ^c	90 ± 3,5 ^c	68 ± 11,5 ^b
	7	75 ± 7,9 ^b	92 ± 7,6 ^c	90 ± 3,5 ^c	68 ± 11,5 ^a
	14	87 ± 7,6 ^b	92 ± 7,6 ^b	90 ± 3,5 ^b	72 ± 13,5 ^a

a,b,c Valores en una misma fila con superíndices no comunes difieren a $P < 0,05$

En *D. eriantha* a los tres días, en el tratamiento con la temperatura más baja (17°C) se observó el menor porcentaje de germinación, con diferencias significativas respecto a las otras tres temperaturas, entre las cuales no hubo diferencias. A los siete días el PG mostró sus valores máximos a 25 y 30°C de temperatura, con diferencias significativas respecto al PG a 17°C.

A los 14 días se mantuvo la relación observada a los siete días. El tratamiento de 17°C tuvo el mayor incremento en el PG respecto al observado en los días 3 y 7.

En *T. crinita* a los tres días posteriores a la siembra, los PG a 25 y 30°C mostraron diferencias significativas con respecto a las temperaturas mínima y máxima, y el PG a 35°C difirió del alcanzado con 17°C.

A los siete días se obtuvieron los máximos valores de PG a 25 y 30°C, que superaron el 90% y mostraron diferencias significativas respecto a 17 (75%) y 35°C (68%), temperaturas entre las cuales también existió diferencia significativa.

A los 14 días después de la siembra, a 35°C el PG fue significativamente menor que en los otros tres tratamientos.

Germinación en condiciones de estrés osmótico

Con el objetivo de observar la tolerancia de las semillas a dos condiciones de estrés, se realizaron diferentes combinaciones entre las temperaturas y los potenciales osmóticos (PO).

A 17°C el efecto del PO en el PG de *T. crinita* se manifestó a -1,0 Mpa, donde descendió en forma altamente significativa (5%) respecto al control (80%), y a -1,5 Mpa las semillas no germinaron. En *D. eriantha* el PG disminuyó significativamente a potenciales de -0,5 y -1,5 Mpa (fig. 1).

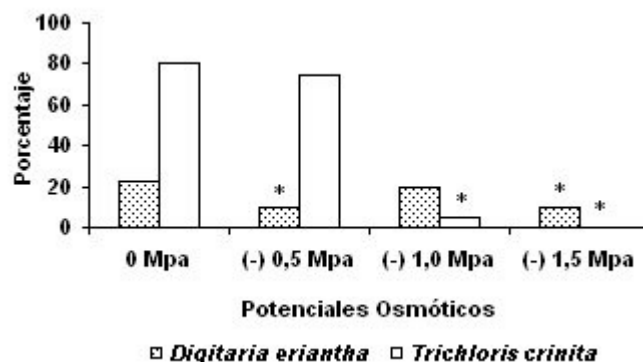


Fig. 1. Porcentaje de germinación en semillas de *Digitaria eriantha* subesp. *eriantha* cv. Sudafricana y *Trichloris crinita* a 14 días de la siembra, bajo condiciones de estrés osmótico y 17°C de temperatura.

Fig. 1. Germination percentage in seeds from *Digitaria eriantha* subsp. *eriantha* cv. Sudafricana and *Trichloris crinita* 14 days after planting, under osmotic stress conditions and at 17°C of temperature.

Se apreció que en las semillas de *T. crinita* y *D. eriantha* cv. Sudafricana expuestas a 25°C, sus PG disminuyeron en forma significativa con PO de -1 Mpa y -1,5 Mpa, respecto al control (fig. 2).

A 35°C de temperatura el PG de *T. crinita* disminuyó significativamente con -1 Mpa. En *D. eriantha* el PG se incrementó con -0,5 Mpa y superó el valor observado en el control. En ambas especies la germinación fue nula a -1,5 Mpa (fig. 3).

Discusión

La temperatura es uno de los factores más importantes que regulan el proceso de germinación. Los resultados del presente trabajo mostraron incrementos en el PG a medida que esta se incrementó; sin embargo, cuando superó los 30°C el PG disminuyó. Ello evidenció que el rango óptimo para ambas especies fue entre 25 y 30°C. No obstante, Greco *et al.* (2003) determinaron que el mayor porcentaje en *T. crinita* (90-100%) ocurrió entre 25 y 35°C y la máxima velocidad de germinación entre 30 y 35°C, y dedujeron que existe una correlación entre la germinación y la temperatura del suelo. Esto puede estar asociado a las temperaturas típicas de la época estival, que coincide con el momento del año en el que se concentran las precipitaciones en las zonas donde vegetan ambas especies. En estudios realizados en otras especies se concluyó que las temperaturas óptimas para la germinación, obtenidas mediante trabajos en laboratorio, responden a un determinado patrón que ha sido interpretado como un comportamiento de valor adaptativo al clima regional (Funes *et al.*, 2009; Chilo *et al.*, 2009).

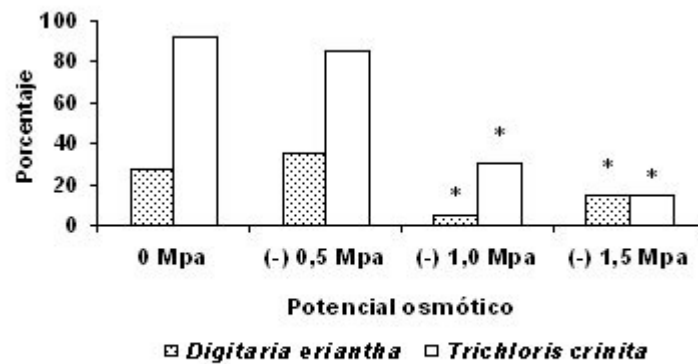


Fig. 2. Porcentaje de germinación en semillas de *Digitaria eriantha* subesp. *eriantha* cv. Sudafricana y *Trichloris crinita* a 14 días de la siembra, bajo condiciones de estrés osmótico y 25°C de temperatura.

Fig. 2. Germination percentage in seeds from *Digitaria eriantha* subsp. *eriantha* cv. Sudafricana and *Trichloris crinita* 14 days after planting, under osmotic stress conditions and at 25°C of temperature.

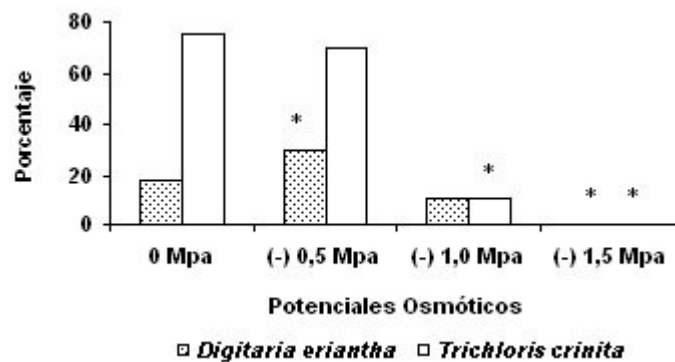


Fig. 3. Porcentaje de germinación en semillas de *Digitaria eriantha* subesp. *eriantha* cv. Sudafricana y *Trichloris crinita* a 14 días de la siembra, bajo condiciones de estrés osmótico y 35°C de temperatura.

Fig. 3. Germination percentage in seeds from *Digitaria eriantha* subsp. *eriantha* cv. Sudafricana and *Trichloris crinita* 14 days after planting, under osmotic stress conditions and at 35°C of temperature.

Al mismo tiempo, los PG en el rango óptimo de temperatura fueron altos a partir del tercer día posterior a la siembra y mostraron poco incremento con el transcurso del tiempo. Sin embargo, a valores extremos de 17 y 35°C las semillas germinaron más lentamente, por lo que se observaron incrementos en el PG incluso después de 14 días, lo que sugiere que estas afectaron el PG a los tres, siete y 14 días, en ambas especies. Estos resultados difieren de los encontrados en *D. eriantha* cv. Avanzada INTA, en la cual las semillas germinaron de forma similar desde 10 hasta 35°C (Terenti, 2004; Pedranzani *et al.*, 2005).

Por otra parte, el bajo contenido de humedad edáfica es otro de los factores ambientales que afectan el porcentaje y el tiempo de germinación (Brown, 1995). El descenso del potencial osmótico producido por el PEG 6000, provoca una reducción en la viabilidad y el vigor de las semillas (Fanti y Pérez, 2004). En *D. eriantha* cv. Sudafricana los descensos más importantes se observaron en la combinación de -0,5 Mpa a 17°C y en -1,5 Mpa a 35°C. La PO de -1 Mpa no afectó el PG a las temperaturas extremas, pero con 30°C (óptima de germinación de la especie) afectó la germinación.

En *T. crinita* el PO -0,5 Mpa no afectó significativamente la germinación en ninguna de las temperaturas evaluadas. Sin embargo, los potenciales menores redujeron significativamente el PG, lo que coincide con lo observado en semillas de trigo (González *et al.*, 2005) y de *Bulnesia retama* (Rodríguez Rivera *et al.*, 2007); además con PO de -1,5 Mpa las semillas no germinaron con las temperaturas extremas (17 y 35°C). En *Stipa neaei* y *Leymus erianthus* se han encontrado respuestas similares, es decir, que las temperaturas extremas y los altos PO inhibieron la germinación (Bonvissuto y Busso, 2007).

De acuerdo con los resultados se concluye que las temperaturas de 25 y 30°C fueron las óptimas para *T. crinita* y *D. eriantha*, en las que se alcanzaron los máximos valores de PG. A temperatura de 25°C ambas especies toleraron hasta -0,5 Mpa de PO y disminuyeron significativamente su PG a -1,0 Mpa y a -1,5 Mpa.

Agradecimientos

Al Proyecto Consolidado PROICO N 50110 de la SECYT, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de San Luis, Argentina.

Referencias bibliográficas

- Almansouri, M. *et al.* 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 231:243
- Bonvissuto, G.L. & Busso, C.A. 2007. Germination of grasses and shrubs under various water stress and temperature conditions. *Revista Internacional de Botánica Experimental Phytol.* 76:119
- Brown, R. 1995. The water relations of range plants: adaptations to water deficits. In: *Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology*. (Eds. D.J.Bedunah and R.E. Sosebee). Society for Range Management. Denver, Colorado, USA. p. 291
- Cavagnaro, J.B. *et al.* 2004. La temperatura del suelo desencadena el proceso de rebrote en *Trichloris crinita*, gramínea nativa perenne del Monte. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. <http://www3.cricyt.edu.ar/eco2004/Resumenes/EF%20A-F.htm>. II Reunión Binacional de Ecología
- Chilo, G. *et al.* 2009. Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. *Agriscientia*. 26 (1):15
- Cornaglia, P.S. *et al.* 2005. Emergence of dallisgrass as affected by soil water availability. *Rangeland Ecology & Management*. 58 (1):35
- Demir, I. *et al.* 2003. Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*Solanum melongena* L.) seeds during development. *Israel J. Plant Sci.* 51:125
- Demir, I. & Mavi, K. 2008. Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 51 (5):897
- Fanti, Silmara C. & Perez, Sonia C. 2004. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 39 (9):903

- Foolad, M.R. & Lin, G.Y. 1997. Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon* species. *Hortscience*. 32:296
- Funes, G. *et al.* 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral*. 19:129
- Gill, P.K. *et al.* 2003. Changes in germination growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. *Plant Growth Regulation*. 40:157
- González, L.M. *et al.* 2005. Efecto de la sequía simulada con PEG-6000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de dos variedades de trigo. *Cultivos Tropicales*. 26 (4):49
- Greco, S.A. *et al.* Efecto de la temperatura en la germinación de cuatro gramíneas forrajeras del monte. XXIX Jornadas Argentinas de Botánica & XV Reunión Anual de la Sociedad Botánica de Chile. San Luis, Argentina. p. 182
- Khajeh-Hosseini, M. *et al.* 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Sci. & Technol.* 31:715
- Murillo-Amador, B. *et al.* 2002. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 188:235
- Ordóñez, G.P. *et al.* 2003. Efecto de la temperatura sobre la germinación de dos especies de pastura *Digitaria eriantha* y *Trichloris crinita*. XXIX Jornadas Argentinas de Botánica & XV Reunión Anual de la Sociedad Botánica de Chile. San Luis, Argentina. p. 189
- Pedranzani, H. *et al.* 2005. Efecto de baja temperatura sobre distintos parámetros de producción en *Digitaria eriantha* cv. Mejorada INTA. *Phyton*. 54:121
- Rimieri, P. *et al.* 1997. Creación de cultivares mejorados e identificables de *Poa ligularis* y *Digitaria eriantha*. Informe técnico de proyectos (Área de Producción Animal). INTA, EEA San Luis, Argentina. p. 183
- Rodríguez Rivera, M.F. *et al.* 2007. Efecto del estrés hídrico a distintas temperaturas sobre la germinación de semillas de *Bulnesia retama* (Gill. ex. Hook.) Griseb. —Zigofiláceas— en San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Botánica Experimental Phytom*. 76:5
- Sadeghian, S.Y. & Yavari, N. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. *J. of Agronomy & Crop Science*. 190 (2):138
- Terenti, O.A. 2004. Evolución del crecimiento y la calidad de la semilla en *Digitaria eriantha*. *Pastos y Forrajes*. 27 (1):21
- Wilson, D.R. *et al.* 1985. Models of growth and water use of field pea (*Pisum sativum* L.). In: The Pea crop. (Eds. P.D.Hebblethwaite, M.C. Heath and T.C.K. Dawkins). Butterworths, London, UK. p. 139

Recibido el 27 de octubre del 2008

Aceptado el 16 de diciembre del 2009

Germination of *Trichloris crinita* and *Digitaria eriantha* under abiotic stress conditions

Abstract

The objective of this work was to determine the effect of different temperatures and osmotic potentials (OP) on the germination of seeds from *Digitaria eriantha* Steudel subsp. *eriantha* cv. *Sudafricana* and *Trichloris crinita*. The seeds were put to germinate on Petri dishes at temperatures of 17°, 25°, 30° and 35°C and in solutions of PEG6000, in order to simulate osmotic potentials: 0 (control, distilled water); -0,5; -1 and -1,5 MPa. The germination percentage (GP) was recorded. Both species showed the highest GP in the range 25 and 30°C; at 17°C the GP was significantly lower after 14 days. In *T. crinita* the GP significantly decreased with potentials of -1 and -1,5 Mpa in all the temperatures; besides, with -1,5 Mpa at 17° and 35°C the seeds did not germinate. The GP of the *D. eriantha* seeds decreased with potentials of -0,5 and -1,5 Mpa at 17° and 35°C, and it also decreased at 25°C but with potentials of -1 Mpa and -1,5 Mpa. It is concluded that 25-30°C was optimum for the germination of *T. crinita* and *D. eriantha*, which could have been related to the environmental conditions characteristics of the region where they grow. *T. crinita* tolerated up to -0,5 Mpa of potential, while *D. eriantha* tolerated -1 Mpa.

Key words: Germination, stress, temperature

Introduction

Seed germination is a critical stage for seedling establishment and later determines crop production (Almansouri *et al.*, 2001), which depend on an interaction between planting substratum and seed quality (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003). Among the adverse factors that affect germination drought-stress sensitivity (Wilson *et al.*, 1985) and salt-tolerance (Sadeghian and Yavari, 2004) can be included.

Cornaglia *et al.* (2005) evaluated the effects of hydric stress on germination and seedling growth on dallisgrass (*Paspalum dilatatum*), using aqueous Polyethylenglycol solutions (PEG 8000: 0,-0,25, -0,5, -0,75 and -1 Mpa). The germination rate was more sensitive to the increase of hydric stress than total germination, although both decreased, and there was high sensitivity to hydric stress during germination and early emergence.

Demir and Mavi (2008), when studying germination and growth before salt (NaCl) and the osmotic effect (with PEG, for water potentials of -0,3, -0,6 and -0,9 Mpa) in seeds of *Capsicum annuum* L. cv. Sera Demre, harvested 50, 60 and 70 days after anthesis, found that the highest salt concentration and osmotic potential produced a decrease in germination and the fresh weight of the plants. The seeds germinated in all the NaCl concentrations, but at -0,9 Mpa of PEG no seed germinated.

Also Foolad and Lin (1997), in tomato seeds in different media with identical osmotic potentials, found that the germination rate was affected mainly by the osmotic effect with regards to the ionic content of the medium; the authors concluded that the imposed stress resulted in a higher biomass gain, which can be ascribed to a higher cell division and to the sugar content (Gill *et al.*, 2003).

Murillo *et al.* (2002) stated that saline stress had a lesser effect on the germination of seeds from *Vigna unguiculata* L. Walp than hydric stress simulated with PEG at the same osmotic potentials. Demir *et al.* (2003), in seeds from *Solanum melongena*, also found that immature seeds were more sensitive to extreme osmotic stress than to saline stress.

Digitaria eriantha Steudel subsp. *eriantha* is a species introduced in Argentina in 1991; it is perennial and has good forage quality. Rimieri *et al.* (1997) developed, from the cv. *Sudafricana*, cv. Irene, which showed better adaptation to the edaphoclimatic conditions of the Argentinean semiarid region.

Trichloris crinita is a native species from the Argentinean semiarid region, of moderate to high palatability; it is perennial and considered a forage resource of the natural pastureland, tolerant to drought and low salinity levels (Cavagnaro *et al.*, 2005). As every species of the semiarid regions, irrigation increases seed number and germination rate (Ordóñez *et al.*, 2003).

The objective of this work was to study tolerance to different temperatures and combinations of temperature and osmotic stress in two species, one which originated in South Africa and the other from Argentina, both adapted to environments in which climates with high temperatures and soils with low humidity contents prevail.

Materials and Methods

Seeds from the species *D. eriantha* cv. Sudafricana and *T. crinita* harvested in the field were used.

Treatments and design

The following treatments were applied: A- 17, 25, 30 and 35°C in sterile distilled water; B- 17, 25 and 35°C in polyethylenglycol solution (PEG 6000) with osmotic potentials of -0,5; -1 and -1,5 Mpa and sterile water as control (table 1). One hundred seeds were placed on Petri dishes (20 seeds per dish) in a completely randomized design with five repetitions.

Procedure

Before starting the study, the seeds were selected, according to size uniformity and external characteristics, and those with alterations and malformations were discarded. The seeds were superficially sterilized by immersion in 70% alcohol and with sodium hypochlorite at 20% during 5 and 30 min, respectively, and they were rinsed with sterile distilled water. Afterwards, 10-cm-diameter Petri dishes were prepared with filter paper (both previously sterilized) imbibed with 5 ml of sterile distilled water.

The germination was conducted in dark cultivation chamber and 5 ml of sterile distilled water were weekly added in treatments A and B and 5 ml of PEG solution in B. The seeds were considered germinated when the radicles had emerged.

Measurements

The germination percentage (GP) was measured 3, 7 and 14 days after planting for treatment A and after 14 days for treatment B.

Statistical analyses

The germination data were analyzed using ANOVA and the means were compared with LSD (Least significant difference) for a $P \leq 0,05$.

Results

Germination at different temperatures

Table 2 shows the germination percentages of *D. eriantha* and *T. crinita* at 17, 25, 30 and 35°C of temperature three, seven and 14 days after planting.

In *D. eriantha*, after three days, in the treatment with the lowest temperature (17°C), the lowest germination percentage was observed, with significant differences as compared to the other three temperatures, among which there were no differences. Seven days after planting the GP showed its highest values at 25 and 30°C of temperature, with significant differences regarding the GP at 17°C.

After 14 days the relationship observed seven days after planting remained. The 17°C treatment had the highest increase in GP as compared to the one observed in days 3 and 7.

In *T. crinita* three days after planting, the GPs at 25 and 30°C showed significant differences with regards to the minimum and maximum temperatures, and the GP at 35°C differed from the one reached with 17°C.

After seven days the highest values of GP at 25 and 30°C were obtained, exceeding 90% and showed significant differences as compared to 17 (75%) and 35°C (68%), temperatures among which significant differences also existed.

Fourteen days after planting, at 35°C the GP was significantly lower than in the other three treatments.

Germination under osmotic stress conditions

In order to observe the seed tolerance to two stress conditions different combinations were made between the temperatures and osmotic potentials (OP).

At 17°C the effect of the OP on the GP of *T. crinita* was manifested at -1,0 Mpa, where it decreased in a highly significant way (5%) as compared to the control (80%), and at -1,5 Mpa the seeds did not germinate. In *D. eriantha* the GP significantly decreased at potentials of -0,5 and -1,5 Mpa (fig. 1).

It was observed that in the seeds of *T. crinita* and *D. eriantha* cv. Sudafricana exposed to 25°C, their GPs decreased significantly with OP of -1 Mpa and -1,5 Mpa; with regards to the control (fig. 2).

At 35°C the GP of *T. crinita* decreased significantly with -1 Mpa. In *D. eriantha* the GP increased with -0,5 Mpa and exceeded the value observed in the control. In both species germination was nil at -1,5 Mpa (fig. 3).

Discussion

Temperature is one of the most important factors that regulate the germination process. The results of this work showed increases in the GP as it increased; however, when it exceeded 30°C the GP decreased. This proved that the optimum range for both species was between 25 and 30°C. Nevertheless, Greco *et al.* (2003) determined that the highest percentage in *T. crinita* (90-100%) occurred between 25 and 35°C and the maximum germination rate between 30 and 35°C and deduced that there is a correlation between germination and soil temperature. This could be associated to the typical temperatures of the summer, which coincides with the time of the year in which the rainfall of the zones where both species live is concentrated. In studies conducted in other species, it was concluded that the optimum temperatures for germination obtained by laboratory works, respond to a certain pattern which has been interpreted as a behavior of adaptive value to the regional climate (Funes *et al.*, 2009; Chilo *et al.*, 2009).

At the same time, the GPs in the optimum temperature range were high from the third day after planting and showed little increase in time. Yet, at extreme values of 17 and 35°C the seeds germinated more slowly, for which increases were observed in the GP even after 14 days, which suggests that they affected the GP three, seven and 14 days after planting, in both species. These results differ from the ones found in *D. eriantha* cv. Avanzada INTA, in which the seeds germinated similarly from 10 to 35°C (Terenti, 2004; Pedranzani *et al.*, 2005).

On the other hand, the low content of edaphic humidity is another one of the environmental factors which affect the germination percentage and time (Brown, 1995). The decrease of the osmotic potential produced by the PEG 6000 causes a reduction in seed viability and vigor (Fanti and Pérez, 2004). In *D. eriantha* cv. Sudafricana the most important decreases were observed in the combination of -0,5 Mpa at 17°C and in -1,5 Mpa at 35°C. The OP of -1 Mpa did not affect the GP at extreme temperatures, but with 30°C (optimum for the species germination) it is the one that affects germination the most.

In *T. crinita* the OP -0,5 Mpa did not affect significantly germination in any of the evaluated temperatures. However, the lower potentials significantly reduced the GP, which coincides with the observations made in wheat seeds (González *et al.*, 2005) and *Bulnesia retama* seeds (Rodríguez Rivera *et al.*, 2007); in addition with OP of -1,5 Mpa the seeds did not germinate with the extreme temperatures (17 and 35°C). In *Stipa neaei* and *Leymus erianthus*, similar responses have been found, that is, the extreme temperatures and high OP inhibited germination (Bonvissuto and Busso, 2007).

According to the results, the temperatures of 25 and 30°C were concluded to be the optimum ones for *T. crinita* and *D. eriantha*, in which the highest GP values were reached. At a temperature of 25°C both species tolerated up to -0,5 Mpa of OP and decreased significantly their GP at -1,0 Mpa and -1,5 Mpa.

Acknowledgements

To the Consolidated Project PROICO N 50110 of the SECYT, School of Engineering and Economic and Social Sciences, National University of San Luis, Argentina.